

Estimasi Tipologi Air Limbah Domestik Di Perkotaan Berdasarkan Variabel Sosial Ekonomi

Sunarsih¹⁾, Purwanto²⁾, Wahyu Setia Budi³⁾

¹²⁾ Program Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang

¹³⁾ Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro Semarang

ABSTRACT

This paper presents the analysis of data related to domestic wastewater characteristics from area situated in Yogyakarta city of wastewater treatment (WWTP) Sewon. Simple regression models are presented for the prediction of basic wastewater characteristics, such as water consumption (l/person day), wastewater production (m³/day), Biochemical Oxygen Demand (BOD) load (l/person/day) and BOD concentration(mg/l). The models are based on simple socio-economic variables, with special attention to easily obtainable variable of total family income (number of minimum salaries earned per month). Most of the models are able to give an excellent prediction of the desired wastewater variables. Additionally, behavior of the main wastewater characteristics according to the day is analysed used to variation data 1,5 years. Based on the results obtained, it is suggested that the classical figures of BOD concentration of 413,69 mg/l and per capita BOD load 96,69 l/person/day do apply to typical population predominant in Yogyakarta city. The actual BOD data concentration are frequently lower than 400 mg/l, while the BOD load is frequently lower than 96 l/person/day. The result obtained can be used for design purposes in the area studied, and possibly in areas of similar characteristics.

Keywords : domestic wastewater, socio-economic, BOD load, simple regression model

1. PENGANTAR

Air limbah kota-kota besar di Indonesia khususnya Yogyakarta secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga yaitu air limbah industri dan air limbah domestik yaitu yang berasal dari buangan rumah tangga dan yang ke tiga yaitu air limbah dari perkantoran dan pertokoan (daerah komersial). Saat ini selain pencemaran akibat limbah industri, pencemaran limbah domestikpun telah menunjukkan tingkat yang cukup serius.

Sistem pembuangan air limbah yang umum digunakan masyarakat yakni air limbah yang berasal dari *toilet* dialirkan ke dalam tangki septik dan air limpasan dari tangki septik diresapkan ke dalam tanah atau dibuang ke saluran umum, sedangkan air limbah *non toilet* yakni yang berasal dari mandi, cuci serta buangan dapur dibuang langsung ke saluran umum.

Daerah pelayanan air kotor saat ini baru sebagian kota Yogyakarta, Bantul dan Sleman. Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) kota ini mencegah kotoran-kotoran yang mencemari sungai dan air tanah yang mengalir kota Yogyakarta. Sistem pengolahan air limbah secara biologi dengan menggunakan kolam aerasi fakultatif yang sangat sederhana dan bertujuan untuk mencegah bibit penyakit yang ditimbulkan oleh kotoran-kotoran yang mencemari air permukaan.

Kolam stabilisasi limbah dan juga laguna limbah pada dasarnya berfungsi untuk memperbaiki kualitas air limbah agar mutu hasil olahannya memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan dan tidak mencemari badan air penerima. Baku mutu air limbah domestik adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah domestik yang akan dibuang atau dilepas ke air permukaan. Kolam stabilisasi limbah sampai saat ini diyakini sebagai cara paling ekonomis untuk mengolah air limbah (Lani Puspita *et al.*, 2005). Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 yang dimaksud dengan air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (restauran), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama.

Kolam stabilisasi limbah ini sangat cocok diterapkan pada negara berkembang (terutama daerah tropis yang iklimnya hangat), karena pengoperasian kolam ini tidak membutuhkan biaya investasi dan biaya pengoperasian yang tinggi, serta tidak memerlukan tenaga operator khusus untuk mengoperasikannya (Mara D., *et al.*, 1992; Mashauri and Kayombo *et al.*, 2002; Beran and Kargi, 2005; Lani Puspita *et al.*, 2005).

Salah satu jenis kolam stabilisasi adalah kolam fakultatif. Kolam fakultatif di desain untuk mendegradasi air limbah yang bebannya tidak terlalu tinggi (100-400 kg BOD/Ha/hari pada suhu udara antara 20°C -25°C), hal ini dilakukan agar jumlah populasi alga dalam perairan tetap terjaga, mengingat sumber oksigen terbesar kolam (yang sangat diperlukan oleh bakteri aerob untuk mendegradasi bahan organik) berasal dari fotosintesis alga (Lani Puspita *et al.*, 2005). Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi dan mengkaji beban limbah domestik yang diolah melalui unit IPAL, sehingga dapat menggambarkan tipologi limbah perkotaan.

2. METODOLOGI

Tempat penelitian adalah kolam stabilisasi fakultatif IPAL Sewon Bantul dengan waktu pengumpulan data pengendalian kualitas air limbah selama 1,5 tahun. Data harian debit atau aliran air limbah yang masuk IPAL dari bulan

Juli 2010 Desember 2011 yang diperoleh dari Balai IPAL Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan ESDM Pemda Istimewa Yogyakarta.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dimana peneliti tidak mempunyai kontrol langsung terhadap variabel bebas, karena manifestasi fenomena telah terjadi atau karena fenomena sukar dimanipulasikan. (Nasir, M, 1983; Kerlinger, 1986).

3. HASIL DAN DISKUSI

1. Pencemaran Air Limbah pada IPAL Sewon

Wilayah Kota Yogyakarta secara riil cakupan pelayanan prasarana sanitasi sudah cukup merata, namun prasarana yang digunakan dengan fasilitas sanitasi setempat (*on site sanitation*) yaitu dengan menggunakan jamban keluarga dengan unit pengolah yang dilengkapi dengan fasilitas sumur resapan. Sistem ini sebenarnya cukup optimal untuk menanggulangi permasalahan sanitasi, namun demikian mengingat lokasi di Kota Yogyakarta sudah cukup padat, sehingga muncul suatu permasalahan dimana letak sumur peresapan akan mencemari sumur gali yang digunakan sebagai sumber air bersih di tempat tetangga, sehingga fasilitas ini menjadi tidak efektif untuk dikembangkan kecuali untuk daerah yang tidak terjangkau pelayanan jaringan riol dan wilayah aliran sungai (DAS).

Untuk mewujudkan Kota Yogyakarta yang bersih dan sehat melalui pengelolaan air limbah domestik diatur sesuai dengan Perda No. 6 Tahun 2009 dan Perda No. 7 Tahun 2009 tentang retribusi. Sarana ini dikelola oleh Dinas Permukiman Prasarana Wilayah Kota Yogyakarta pada Bidang Permukiman Seksi Air Limbah.

Kota Yogyakarta dengan jumlah penduduk hasil sensus tahun 2010 berjumlah 388.627 jiwa dengan klasifikasi kota sedang, kebutuhan ideal air bersih adalah 100 liter/orang/hari sehingga membutuhkan air bersih 38.862.700 liter/hari. Jumlah ini didapatkan dari jumlah penduduk dikalikan dengan jumlah/kebutuhan dasar penduduk untuk klasifikasi kota sedang.

Untuk produksi limbah, faktor yang menentukan kekuatan air limbah domestik adalah BOD (jumlah limbah organik) yang diproduksi per orang per hari. Dengan variasi pada setiap negara adalah berbeda. Perbedaan yang terbesar adalah pada kuantitas dan kualitas di badan pelimbahan dari variasi makanannya. Untuk menentukan beban limbah organik terlebih dahulu dihitung jumlah penduduk (Pdk) yang terhubung dengan sistem saluran limbah kotor yang meliputi : rumah tangga, sosial, perkantoran dan hotel dengan perhitungan sebagai berikut :

- Rumah tangga ($R_1+R_2+R_3+R_4$), rata-rata dihuni 5 orang = 54.440 orang
 - Sosial ($S_1+S_2+S_3+S_4$), rata-rata 75 orang = 8.550 orang
 - Komersial ($K_1+K_2+K_3+K_4$), rata-rata 50 orang = 49.350 orang
 - Hotel ($PW+HM+H_1-3+H_4-5$), rata-rata 1 kamar 2 orang = 7.650 orang +
- Jumlah penduduk yang terhubung dengan saluran air kotor = 119.990 orang

Berdasarkan data pengendalian kualitas air limbah di IPAL Sewon dari bulan Juli 2010 - Desember 2011 dan kondisi sosial-ekonomi yang diwakili oleh tingkat penghasilan rumah tangga dengan menggunakan Upah Minimum Propinsi (UMP) Yogyakarta dari tahun 2004-2011. Upah minimum dimaksudkan untuk menggambarkan kondisi sosial ekonomi sebagai standar minimum. Upah minimum adalah suatu standar minimum yang digunakan oleh para pengusaha atau pelaku industri untuk memberikan upah kepada pekerja di dalam lingkungan usaha atau kerjanya. Karena pemenuhan kebutuhan yang layak di setiap propinsi berbeda-beda, maka disebut Upah Minimum Propinsi (UMP). Dengan menggunakan data tersebut dapat digunakan untuk menentukan beban timbulan air limbah. Dengan menggunakan metode analisis regresi dan tingkat kepercayaan 90% ($\alpha=10\%$) dihasilkan persamaan sebagai berikut:

$$q = 95,112 + (5,309E - 5)N_{UMP} \quad (1)$$

dengan q : timbulan air limbah (liter/orang/hari)

N_{UMP} : upah minimum (UMP)

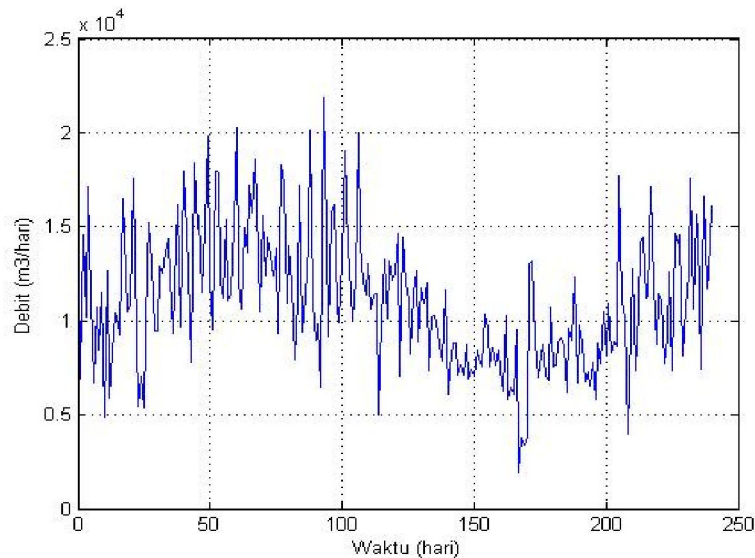
Dengan menggunakan UMP Yogyakarta tahun 2012 sebesar Rp. 892.660,-/bulan yang dikonversikan ke dollar (Rp.9.000,-) menjadi \$ 3,306/bulan, maka timbulan air limbah dengan persamaan (1) adalah sebesar 96,69 liter/orang/hari, sedangkan konsentrasi air limbah sebesar (40 gr BOD/orang hari) dibagi (96,69 liter/orang/hari) = 0,41369 gr/liter atau 413,69 mg/liter, sehingga total konsentrasi BOD yang masuk ke IPAL Sewon Yogyakarta sebesar 119.990 orang x 413,69 mg/l = 49.639.052,64 mg/liter.

Kondisi aliran air limbah (debit) yang sebenarnya pada IPAL Sewon yaitu rata-rata debit harian sebesar 10.697,53 m³/hari dan berdasarkan standar rancangan kualitas air limbah yaitu:

1. Kuantitas limbah masuk : 15.500 m³/hari (179 liter/detik)
2. Kuantitas maksimum perjam : 1.282 m³/jam (356 liter/detik)
3. Beban BOD : 5.103 kg/hari (46 gr/orang/hari)
4. BOD Aliran Masuk : 332 mg/liter
5. BOD Aliran keluar : 30 – 40 mg/liter

Sesuai dengan perencanaan bahwa kapasitas air limbah masuk sebesar 15.500 m³/hari, berdasarkan data pengendalian kualitas air limbah, maka debit air limbah yang masuk IPAL Sewon sebesar 10.697,53 m³/hari berarti belum melampaui kapasitas perencanaan. Dalam pelaksanaannya IPAL Sewon ini untuk melayani 23.000 sambungan

rumah, dengan kapasitas terpakai rerata tahun 2010 sebesar 9.700 m³/hari yaitu untuk melayani 11.000 sambungan rumah. Pada tahun 2011 kapasitas terpakai sebesar 10.697,53 m³/hari berarti ada peningkatan sebesar 10,28% atau 997,53 m³/hari. Kondisi debit air limbah harian dari Januari – Desember 2011 disajikan pada Gambar 1. berikut ini.



Gambar 1. Debit Air Limbah Harian yang masuk IPAL Sewon

Kota Yogyakarta dengan jumlah penduduk hasil sensus tahun 2010 berjumlah 388.627 jiwa dengan klasifikasi kota sedang, kebutuhan ideal air bersih adalah 100 liter/orang/hari sehingga membutuhkan air bersih 38.862.700 liter/hari. Jumlah ini didapatkan dari jumlah penduduk dikalikan dengan jumlah/kebutuhan dasar penduduk untuk klasifikasi kota sedang.

Untuk produksi limbah, faktor yang menentukan kekuatan air limbah domestik adalah BOD yang diproduksi per orang per hari. Dengan variasi pada setiap negara adalah berbeda. Perbedaan yang terbesar adalah pada kuantitas dan kualitas di badan pelimbahan adalah dari variasi makanannya. Dengan variasi pada setiap negara adalah berbeda. Perbedaan yang terbesar adalah pada kuantitas dan kualitas di badan pelimbahan adalah dari variasi makanannya (Mara, 2004).

Menurut Mara (2004), standar kebutuhan air bersih untuk negara berkembang adalah sebesar 120 liter/orang/hari, maka timbulan air limbah dengan asumsi 80% sebesar (80% x 120 liter/orang = 96 liter/orang/hari) dengan konsentrasi air limbah = (40 gr BOD/orang hari) dibagi (96 liter/orang/hari) = 0,41667 gr/liter atau 416,67 mg/liter (ppm BOD). Jadi total konsentrasi rata-rata BOD di Kota Yogyakarta sebesar (119.990 orang x 416,67 mg/l = 49.995.833,33 mg/liter/hari. Berdasarkan kegiatannya menurut Lignan *et al* (1974); Mara (1976, 2004), kontribusi rata-rata BOD per orang/hari untuk USA dan negara berkembang secara rinci disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kontribusi Rata-rata BOD (orang/hari) di Yogyakarta (mg/liter hari)
Dibandingkan dengan negara berkembang

Kegiatan	USA	Negara berkembang	%	Kota Yogyakarta (mg/l hari)
<i>Personal washing</i>	9	5	12.5	6,249,479.17
<i>Dishwashing</i>	6	8	20.0	9,999,166.67
<i>Garbage disposal</i>	31			
<i>Laundry</i>	9	5	12.5	6,249,479.17
<i>Toilet :</i>				
<i>Faeces</i>	11	11	27.5	13,748,854.17
<i>Urine</i>	10	10	25.0	12,498,958.33
<i>Paper</i>	2	1	2.5	1,249,895.83
Total	78	40	100.0	49,995,833.33

Sumber :Data diolah, 2012.

Campos and von Sperling (1996) mengestimasi timbulan air limbah di Brazil dengan menggunakan persamaan regresi : $q = 58 + 8N_{UMP}$ (1)

Persamaan (1) diterapkan di Yogyakarta dengan N_{UMP} adalah UMP yang dikonversi ke dollar (Rp.9000,-) dengan tingkat penghasilan rumah tangga yang menggunakan Upah Minimum Penghasilan (UMP) Yogyakarta pada Tahun 2011 sebesar Rp. 808.000,-/bulan (Delapan ratus delapan ribu rupiah per bulan) sama dengan \$2,993, maka timbulan air limbah sebesar 81,94 liter/orang hari, sedangkan konsentrasi BOD (L_t) per orang hari dihitung dengan menggunakan rumus :

$$L_t = 247 + \exp(5.9 - 0.26N_{UMP}) \quad (2)$$

Maka konsentrasi BOD per orang/hari sebesar 414,66 mg/liter (ppm BOD) dan total konsentrasi BOD yaitu dengan mengalikan jumlah penduduk yang terhubung dengan sistem saluran sebesar 49.754.808,10 mg/liter/hari. Secara rinci perbandingan dari berbagai peneliti tentang timbulan air limbah (liter/orang/hari), konsentrasi air limbah (mg/l) dan total konsentrasi air limbah (mg/l) dari beberapa model disajikan pada Tabel 2.

Dari Tabel 2. menunjukkan bahwa besarnya konsentrasi air limbah hampir sama pada berbagai model. Pada timbulan air limbah yang dihitung dengan konsep Mara (2004) agak berbeda dengan peneliti (2012) terdapat selisih (0,71%) atau 0,69 liter/orang/hari. Pada model Campos and von Sperling (1996) terdapat selisih (15,25%) atau 14,75 liter/orang/hari, namun demikian pada hasil total konsentrasi air limbah mendekati kesamaan.

Tabel 2. Hasil Analisis Timbulan Air Limbah

No.	Air Limbah	Negara Berkembang Mara (2004)	Campos and von Sperling (1996)	Sunarsih Peneliti (2012)
1.	Model persamaan	-	$q = 58 + 8N_{UMP}$	$q = 95,112 + (5,309E - 5)N_{UMP}$
2.	Timbulan air Limbah (liter/orang/hari)	96,00	81,94	96,69
3.	Konsentrasi air limbah (mg/l)	416,67	414,66	413,69
4.	Total konsentrasi air limbah (mg/l)	49.995.833,33	49.754.808,10	49.639.052,64

Menurut Campos and von Sperling (1996) aliran limbah domestik biasanya ditentukan dari timbulan air limbah dengan formulasi : $Q = 10^{-3} kq(Pdk)$ (3)

dengan : Q : aliran air limbah (m³/hari)

k : konsanta 0,8 - 0,9

q : kebutuhan dasar air penduduk untuk klasifikasi sedang (100 liter/orang/hari)

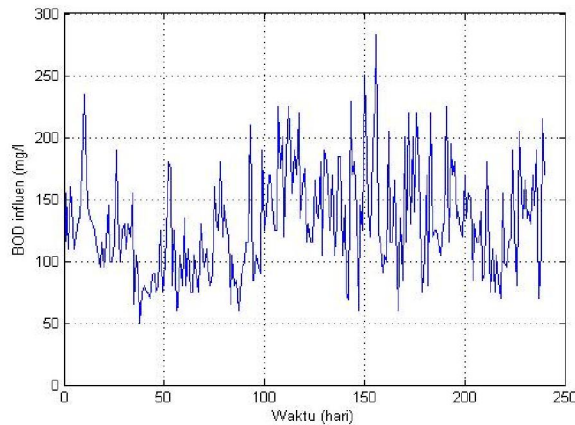
Pdk : Jumlah penduduk yang terhubung dengan sistem saluran.

Sesuai dengan kriteria standar perkotaan, Yogyakarta merupakan kota dengan kriteria sedang, maka debit/aliran air limbah yang masuk IPAL yang dihitung dengan persamaan (3) sebesar 10.799,10 m³/hari. Besaran ini hampir sama dengan kondisi aliran air limbah (debit) yang masuk IPAL Sewon yaitu rata-rata debit harian sebesar 10.697,53 m³/hari, terdapat selisih sebesar (0.94%) atau 101,57m³/hari. Model menunjukkan kondisi yang sebenarnya sesuai dengan kondisi di lapangan.

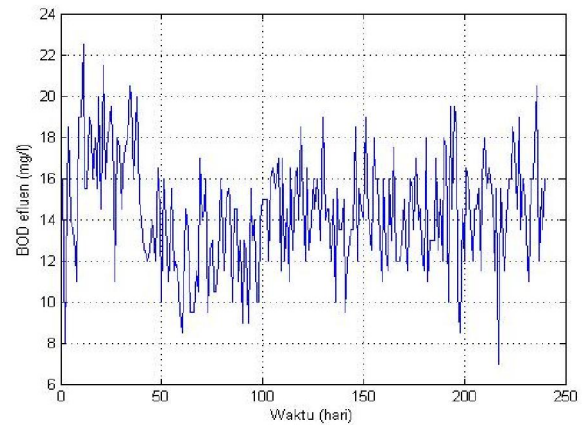
2. Pengolahan Air Limbah pada IPAL Sewon

Pengolahan yang ada pada IPAL Sewon Bantul merupakan proses pengolahan secara biologi dengan sistem Laguna Aerasi Fakultatif (LAF), yaitu terdapat pada kolam fakultatif, sedangkan proses pematangan dimaksudkan untuk membunuh mikroorganisme yang terdapat pada kolam maturasi. Sistem pengolahannya dibuat paralel sebanyak 2 (dua) deret, masing-masing terdapat 2 (dua) buah kolam fakultatif dan 1 (satu) buah kolam maturasi, sehingga secara keseluruhan terdapat 4 (empat) buah kolam fakultatif dan 2 (dua) buah kolam maturasi.

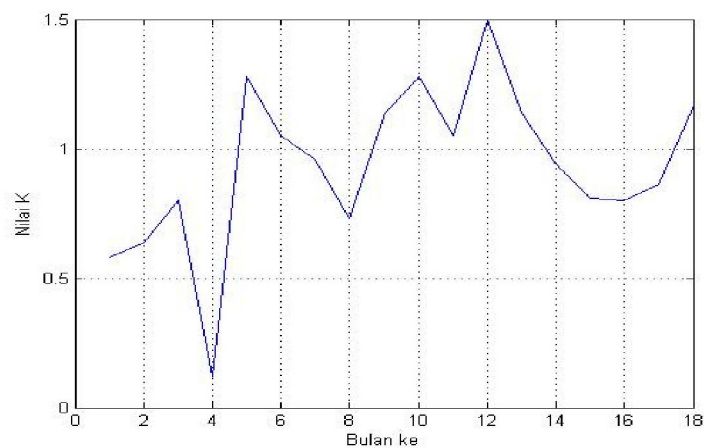
Volume efektif kolam fakultatif sebesar 86.240 m³, sedangkan besarnya debit rata-rata harian untuk masing-masing bulan tidak sama hal ini akan mempengaruhi terhadap angka laju reaksi atau laju perombakan bahan organik, dihasilkan waktu tinggal rata-rata selama 8,42 hari dan angka laju perombakan bahan organik (K) rata-rata 0,94 hari dan efisiensi penurunan bahan organikBOD sebesar 72,33%. Untuk mengetahui tingkat perubahan konsentrasi bahan organik (BOD) harian pada IPAL Sewon saat masuk dan keluar kolam disajikan pada Gambar 2.danGambar 3. serta angka laju penurunan BOD (nilai K) pada Gambar 4.



Gambar 2. Konsentrasi BOD Harian pada Inlet IPAL Sewon



Gambar 3. Konsentrasi BOD Harian Keluar Kolam pada IPAL Sewon

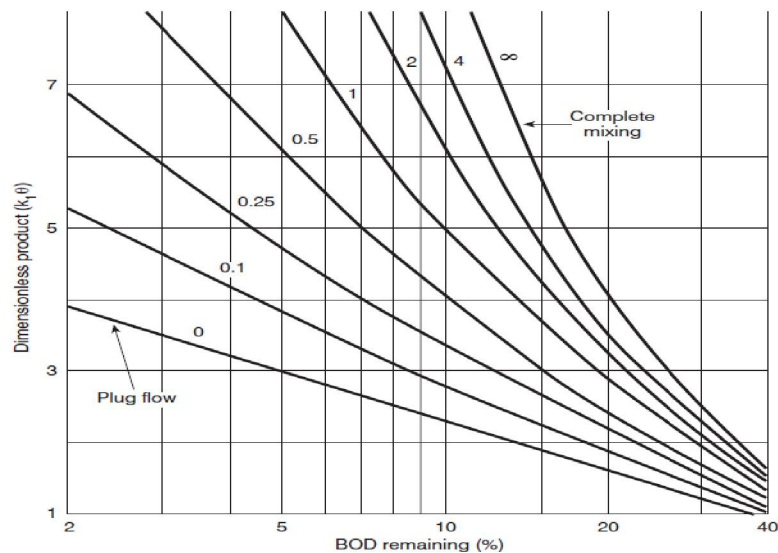


Gambar 4. Angka Laju Penurunan BOD (K)

3. Proses Pengolahan Air Limbah

Pada sistem Laguna Aerasi Fakultatif (LAF), yaitu terdapat pada kolam fakultatif dan proses pematangandimaksudkan untuk membunuh mikroorganisme yang terdapat pada kolam maturasi. Laju perombakan bahan organik (K) rata-rata sebesar 0,94 hari dan waktu tinggal rata-rata adalah 8,42 hari.

Menurut Gloyna (1971), nilai parameter kriteria untuk perencanaan laju perombakan bahan organik adalah sebesar 0,85–1,5 hari⁻¹ dan waktu proses air limbah adalah selama 3–20 hari, dengan efisiensi pengolahan 90%. Nilai K sebesar 0,94 hari menurut Gloyna (1971) masih sesuai dengan nilai perencanaan dan berdasarkan Thirumurthi (1974) dan Mara (2003), nilai K adalah antara 0,1 – 2,0 hari⁻¹, hal ini menunjukkan bahwa unit proses IPAL masih cukup baik untuk mendegradasi air limbah. Thirumurthi (1974) membuat grafik hubungan antara nilai K dengan prosentase sisa penurunan BOD disajikan pada Gambar 5.berikut.



Gambar 5. Grafik Hubungan antara Nilai K dengan Prosentase Sisa BOD

Sumber : Thirumurthi, 1974; Mara D, 2004

Keterangan : d = faktor dispersi, nilainya adalah C/C_o .

Dengan tingkat penurunan BOD sebesar 72,33% dan faktor dispersi d sebesar 0,25 serta didapat nilai K sebesar $0,94 \text{ hari}^{-1}$. Menurut Thirumurthi (1974) berdasarkan Gambar 5. didapat nilai K sebesar $2,7 \text{ hari}^{-1}$, dengan menggunakan kriteria perencanaan bahwa efisiensi penurunan nilai BOD pada kolam fakultatif berkisar 80% - 90%, maka hal ini menunjukkan bahwa fungsi pengolahan air limbah pada IPAL Sewon masih cukup efisiensi dalam pengolahan air limbah.

4. KESIMPULAN

Estimasi beban limbah domestik sebagai timbulan bahan organik pada IPAL merupakan model regresi linier $q = 95,112 + (5,309E - 5)N_{UMP}$ dengan berdasarkan upah minimum dengan $=10\%$, dengan total dengan konsentrasi BOD sebesar sebesar 49.639.052,64 mg/liter dengan kriteria kota Yogyakarta termasuk tipe kota sedang, masih cukup efisiensi dalam pengolahan air limbah.

5. REFERENSI

- Beran, B., Kargi, K. 2005. "A dynamic mathematical model for waste water stabilization ponds". *Ecological Modelling* 181 pp 39-57.
- Campos, H.M. and Von Sperling, M., 1996. "Estimation of Domestic Wastewater Characteristics in a Developing Country Based on Socioeconomic Variables". *Water Science and Technology*, 34 (3/4), 71-77.
- Gloyne, E.F., 1971. *Waste Stabilization Pond*. WHO, Geneva.
- Kerlinger, F.N., 1986. *Foundations of Behavioural Research* (3rd ed), New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 tentang Pengelolaan Air Limbah Domestik
- Lani Puspita, Ratnawati E., Suryadiputra I. N.N. 2005. *Lahan Basah Buatan di Indonesia*. Wetlands International Indonesia Programme. Ditjen PHKA. Bogor.
- Ligman, K., N. Hutzler and W.C. Boyle, 1974. "Household Wastewater Characterization". *ASCE Journal of the Environmental Engineering Division*. February, 1974, pp.201- 215.
- Mara D., 1976. *Sewage Treatment in Hot Climate*. John Wiley and Sons, Toronto.
- Mara D. 2004. *Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries*. First Published by Earthscan in the UK and USA.

Mashauri D.A., Kayombo S. 2002. "Application of the two coupled models for water quality management : facultative pond cum constructed wetland models". *Physics and Chemistry of the Earth* 27 pp 773-781.

Nasir M. 1993. Metode Penelitian. Penerbit Ghalia Indonesia, Jakarta.

Thirumurthi, D., 1974. "Design Kriteria for Waste Stabilization Ponds". *Journal of the Water Pollution Control Federation*, 46 (9), 2094 – 2106.